

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05323243  
PUBLICATION DATE : 07-12-93

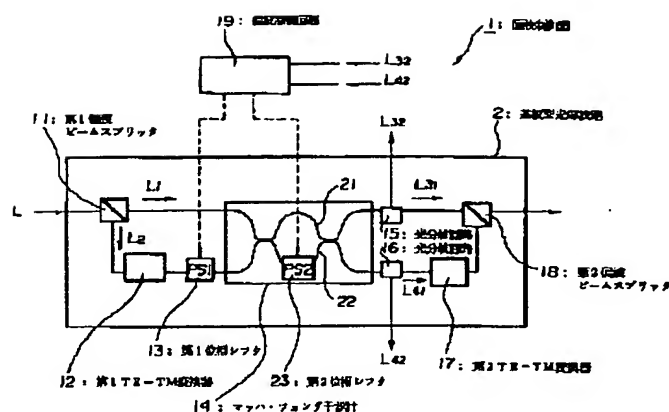
APPLICATION DATE : 22-05-92  
APPLICATION NUMBER : 04131083

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>;

INVENTOR : INOUE YASUYUKI;

INT.CL. : G02F 1/01 G02B 6/12

TITLE : POLARIZATION CONTROLLER



ABSTRACT : PURPOSE: To convert signal light in an arbitrary polarization state into linear polarization wave having a required polarization surface by electrically controlling the polarization by means of a substrate type optical waveguide.

CONSTITUTION: This polarization controller 1 consists of a polarization beam splitter 11 separating an incident light signal L into orthogonal polarization components, a TE-TM converter 12 rotating one of the polarization surface to coincide with the other, a phase shifter 13 shifting the phase of polarization component, a Mach-Zehnder interferometer 14 superposing polarization components and branching the components into two output light with an arbitrary ratio, optical branching circuits 15, 16 branching light into an output light signal and a control light signal, a TE-TM converter 17 rotating one of the polarization surface and making the other orthogonal to the former, a polarization beam splitter 18 superposing the output light signal and a polarization control circuit 19 branching the control light signal into respective two signals one of which is composed differentially for controlling the branching ratio of the Mach-Zehnder interferometer 14 and the other of which is converted to an electric signal while detecting the fluctuation of the signal and feedbacking to the phase shifter 13.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-323243

(43) 公開日 平成5年(1993)12月7日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/01				
G 0 2 B 6/12		E 7036-2K		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平4-131083

(22) 出願日 平成4年(1992)5月22日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 高知尾 昇

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 岩下 克

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 井上 恭

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

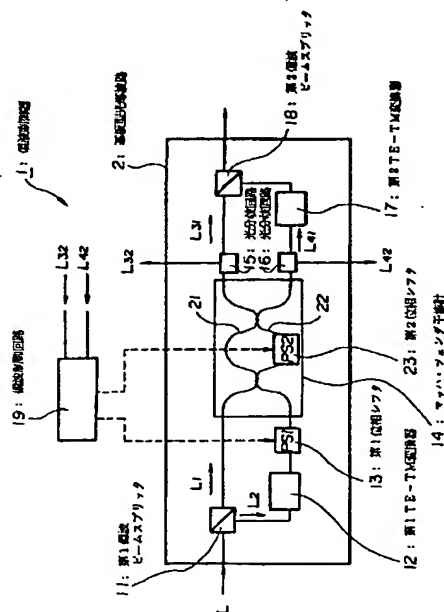
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏波制御器

(57) 【要約】

【構成】 本発明の偏波制御器1は、入射光信号Lを直交する偏波成分に分離する偏波ビームスプリッタ11、一方の偏波面を回転させ他と一致させるTE-TM変換器12、偏波成分の位相をシフトさせる位相シフタ13、偏波成分を合波し任意の比率の2出力光に分岐するマッハ・ツェンダ干渉計14、出力光信号と制御用光信号に分岐する光分岐回路15、16、一方の偏波面を回転させ他と直交させるTE-TM変換器17、出力光信号を合波する偏波ビームスプリッタ18、制御用光信号をそれぞれ2つに分岐し、一方を差動合成しマッハ・ツェンダ干渉計14の分岐比を制御し、他方の変換した電気信号の変動分を検出し位相シフタ13にフィードバックする偏波制御回路19から構成される。

【効果】 基板型光導波路を用い、偏波を電氣的に制御することにより任意の偏波状態の信号光を所要の偏波面を有する直線偏波に変換することができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板型光導波路を用いてなる偏波制御器であって、

入射する光信号を互いに直交する2つの偏波成分に分離する第1の偏波ビームスプリッタと、

該第1の偏波ビームスプリッタにより分離された2つの偏波成分のうち、いずれか一方の偏波面を回転させていずれか他方の偏波面と一致させる第1のTE-TM変換器と、

該第1のTE-TM変換器から出射される偏波成分の位相をシフトさせる第1の位相シフタと、

前記偏波ビームスプリッタ及び該第1の位相シフタ各々から出射される偏波成分を合波し、任意の比率の2つの出力光に分岐するマッハ・ツェンダ干渉計と、

該マッハ・ツェンダ干渉計から出射される2つの出力光を、それぞれ出力光信号と制御用光信号に分岐する2つの光分岐回路と、

これらの出力光信号のうち、いずれか一方の偏波面を回転させていずれか他方の偏波面と直交させる第2のTE-TM変換器と、

互いに直交する偏波面を有するこれらの出力光信号を合波する第2の偏波ビームスプリッタと、

前記2つの光分岐回路によりそれぞれ分離された2つの制御用光信号をそれぞれ2つに分岐し、これら分岐されたそれぞれの制御用光信号のいずれか一方を差動合成し前記マッハ・ツェンダ干渉計の分岐比を制御し、一方、前記それぞれの制御用光信号のいずれか他方を電気信号に変換しこれらの電気信号の変動分を検出し前記第1の位相シフタにフィードバックする偏波制御回路と、を具備してなることを特徴とする偏波制御器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光波通信において伝送後の光信号の偏波を制御する偏波制御器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、光波通信の光信号の偏波を制御する偏波制御器として次に挙げるものが知られている。すなわち、光学的に制御する偏波制御器としては、光ファイバ型のものやバルクの $\lambda/2$ および $\lambda/4$ 板を機械的に回転させて制御するものがあり、また、電気的に制御する偏波制御器としては、2つのニオブ酸リチウム( $\text{LiNbO}_3$ )結晶に電圧を印加して等化的に主軸を回転させるとともに位相シフトを行うもの等がある(例えば、電子通信学会論文誌、Vol. J68-C, No. 2, pp. 79-86 (1985)等参照)。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の偏波制御器においては、該偏波制御器を光伝送路と別構成としなければならないために装置の構成が複雑になり

(2)

特開平5-323243

2

コストアップになるという問題点や、装置が別構成となるために装置間の結合損失が大きく高精度のものが得られないという問題点があった。光波通信においては、伝送速度が高くなった場合、光結合器によって信号光と局発光とを合波したあと受光素子までの光路長を高精度にあわせる必要があるために、光結合器を導波路化する必要がある。この光導波路としては、光ファイバとの整合性および高度な光回路が製作可能であるという点から石英系の光導波路が有望視されており、この石英系光導波路において偏波制御が可能となれば光結合器等との一体化が可能となり、したがって高精度の要求に対応することが可能となり、装置化には非常に有利となる。

【0004】 本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであって、基板型光導波路を用いて構成することができ、かつ、偏波を電気的に制御することができる偏波制御器を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明は次の様な偏波制御器を採用した。すなわち、基板型光導波路を用いてなる偏波制御器であって、入射する光信号を互いに直交する2つの偏波成分に分離する第1の偏波ビームスプリッタと、該第1の偏波ビームスプリッタにより分離された2つの偏波成分のうち、いずれか一方の偏波面を回転させていずれか他方の偏波面と一致させる第1のTE-TM変換器と、該第1のTE-TM変換器から出射される偏波成分の位相をシフトさせる第1の位相シフタと、前記偏波ビームスプリッタ及び該第1の位相シフタ各々から出射される偏波成分を合波し、任意の比率の2つの出力光に分岐するマッハ・ツェンダ干渉計と、該マッハ・ツェンダ干渉計から出射される2つの出力光を、それぞれ出力光信号と制御用光信号に分岐する2つの光分岐回路と、これらの出力光信号のうち、いずれか一方の偏波面を回転させていずれか他方の偏波面と直交させる第2のTE-TM変換器と、互いに直交する偏波面を有するこれらの出力光信号を合波する第2の偏波ビームスプリッタと、前記2つの光分岐回路によりそれぞれ分離された2つの制御用光信号をそれぞれ2つに分岐し、これら分岐されたそれぞれの制御用光信号のいずれか一方を差動合成し前記マッハ・ツェンダ干渉計の分岐比を制御し、一方、前記それぞれの制御用光信号のいずれか他方を電気信号に変換しこれらの電気信号の変動分を検出し前記第1の位相シフタにフィードバックする偏波制御回路と、を具備してなることを特徴としている。

【0006】

【作用】 本発明の偏波制御器では、入射する光信号を第1の偏波ビームスプリッタにより、直交する2つの直線偏波成分に分離する。このとき、この2つの直線偏波成分Ex、Eyは次のように表わされる。

(3)

特開平5-323243

3

4

$$E_x = A_x \cos [\omega t + g(f)] \quad \dots \dots (1)$$

$$E_y = A_y \cos [\omega t + g(f) + \phi] \quad \dots \dots (2)$$

ここで、 $A_x$ 、 $A_y$ は振幅を、 $\omega$ は入射した信号光の角周波数を、 $\phi$ は直交する偏波成分の位相差をそれぞれ表わし、また、 $g(f)$ は伝送されるデータに依存する項である。

【0007】これら分離された2つの偏波成分のうち、いずれか一方の偏波面を第1のTE-TM変換器により\*

$$E_{x1} = A_{x1} \cos [\omega t + g(f)] \quad \dots \dots (3)$$

$$E_{x2} = A_{x2} \cos [\omega t + g(f)] \quad \dots \dots (4)$$

ただし、 $A_{x1}$ 、 $A_{x2}$ は振幅を表す。

【0008】次いでマッハ・ツェンダ干渉計を用いて、その位相の揃った2つの直線偏波出力光の強度の比を常に一定に保つように制御する。次いで、2つの光分岐回路により、前記マッハ・ツェンダ干渉計から出射される2つの出力光をそれぞれ出力光信号と制御用光信号に分岐する。第2のTE-TM変換器によりこれらの出力光信号のいずれか一方の偏波面を90°回転させ、再び互いに直交する直線偏波成分とする。第2の偏波ビームスプリッタはこれらの互いに直交する二つの直線偏波を合成し1つの直線偏波として出力する。

【0009】偏波制御回路では、前記2つの光分岐回路によりそれぞれ分離された2つの制御用光信号をそれぞれ光カップラ等を用いて2つに分岐し、これら分岐されたそれぞれの制御用光信号のいずれか一方を電気信号に変換して差動合成しその出力信号でマッハ・ツェンダ干渉計の分岐比を制御し直交する偏波成分のパワーを一定の比に保つように制御する。一方、前記それぞれの制御用光信号のいずれか他方を電気信号に変換しこれらの電気信号の変動分を検出し前記第1の位相シフタにフィードバックすることにより光の位相を調整する。以上により、基板型光導波路を用いて構成することができ、かつ、偏波を電氣的に制御することができる偏波制御器が可能になる。

【0010】

【実施例】以下、本発明の偏波制御器の一実施例について図1及び図2に基づき説明する。図1は偏波制御器1を示す構成図である。この偏波制御器1は、シリコン(Si)基板上に石英(SiO<sub>2</sub>)からなる光導波路が形成された基板型光導波路2を用いたもので、入射する光信号Lを基板型光導波路2と平行な成分及び直交する成分の2つの偏波成分L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>に分離する第1偏波ビームスプリッタ11と、この偏波成分L<sub>2</sub>の偏波面を90度回転させて偏波成分L<sub>1</sub>の偏波面と一致させる第1TE-TM変換器12と、この偏波成分L<sub>2</sub>の位相をシフトさせて前記偏波成分L<sub>1</sub>と一致させる第1位相シフタ(PS1)13と、マッハ・ツェンダ干渉計14と、出力光L<sub>3</sub>(L<sub>4</sub>)を、それぞれ出力光信号L<sub>31</sub>(L<sub>41</sub>)と制御用光信号L<sub>32</sub>(L<sub>42</sub>)に分岐する光分岐回路15(16)と、出力光信号L<sub>41</sub>の偏波面を90度回転させ

\*90度回転させてこれら2つの偏波成分の偏波面を揃える。次いで、第1の位相シフタにより該第1のTE-TM変換器から出射される偏波成分の位相をシフトさせ、両偏波成分の位相を揃える。このときの光信号は、次のように表わされる。

て出力光信号L<sub>31</sub>の偏波面と直交させる第2TE-TM変換器17と、これら出力光信号L<sub>41</sub>と出力光信号L<sub>31</sub>とを合波させる第2偏波ビームスプリッタ18と、偏波制御回路19とから構成されている。

【0011】マッハ・ツェンダ干渉計14は、2つのカップラに挟まれた2本の光導波路21、22で構成され、該光導波路22に第2位相シフタ(PS2)23が設けられたもので、偏波ビームスプリッタ11及び第1の位相シフタ13各々から出射される位相の揃った偏波成分L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>を合波し、任意の光強度比率の2つの直線偏波光からなる出力光L<sub>3</sub>、L<sub>4</sub>に分岐するものである。このマッハ・ツェンダ干渉計14では、第2位相シフタ23のバイアス電圧を調整することにより、位相の揃った出力光L<sub>3</sub>、L<sub>4</sub>の強度の比を常にある一定値に保つことが可能である。

【0012】偏波制御回路19は、図2に示す様に光カップラ31~33と、受光素子41~43と、増幅器51、51、51と、ローパスフィルタ52と、差動アンプ53と、オフセット回路54とから構成され、光分岐回路15により分離された制御用光信号L<sub>32</sub>を2つの制御用光信号L<sub>321</sub>、L<sub>322</sub>に分岐し、光分岐回路16により分離された制御用光信号L<sub>42</sub>を2つの制御用光信号L<sub>421</sub>、L<sub>422</sub>に分岐し、これら制御用光信号L<sub>321</sub>と制御用光信号L<sub>421</sub>とを差動合成しマッハ・ツェンダ干渉計14の分岐比を制御し、一方、制御用光信号L<sub>322</sub>と制御用光信号L<sub>422</sub>のビート信号を電気信号に変換しこれらの電気信号の変動分を検出し第1の位相シフタ13にフィードバックするものである。

【0013】なお、第1(2)偏波ビームスプリッタ11(18)については特開昭64-77002号公報に、また、第1(2)TE-TM変換器12(17)については特開昭63-147114号公報に、また、第1(2)位相シフタ13(23)については特開昭61-80109号公報に詳しく述べられている。

【0014】次に、偏波制御器1を用いて伝送後の光信号の偏波を制御する方法について説明する。入力信号Lが任意の偏波状態にあるとき、2つの光分岐回路15、16により分岐された2つの光、つまり制御用光信号L<sub>32</sub>、L<sub>42</sub>は次のように表わされる。

(4)

特開平5-323243

5

6

$$E_{s1} = A_1 \cos [\omega t + g(f)] \quad \dots \dots (5)$$

$$E_{s2} = A_2 \cos [\omega t + g(f) + \phi] \quad \dots \dots (6)$$

このとき、受光素子41からの電気信号出力は、

$$I_{s1} = R A_1^2 \quad \dots \dots (7)$$

また、受光素子42からの電気信号出力は、

$$I_{s2} = R A_2^2 \quad \dots \dots (8)$$

と表わすことができる。ここで、Rは定数である。した\* \*がつて、差動アンプ52の出力は次式となる。

$$S1 = G1 (A_1^2 - A_2^2 + A_0) \quad \dots \dots (9)$$

ここでG1は定数、A<sub>0</sub>はオフセット電圧である。

※強度に比例した一定の値であるので、 $A_1^2 + A_2^2 = C$ と

【0015】この出力を第2位相シフタ23のバイアス10おくと、S1が0となるように制御を行うことにより、電圧に帰還して制御を行う。A<sub>1</sub><sup>2</sup>とA<sub>2</sub><sup>2</sup>の和は全光入力※

$$A_1/A_2 = \{ (C - A_0) / (C + A_0) \}^{1/2} \quad \dots \dots (10)$$

ただし、 $-C < A_0 < C$ となるので、2つの光の比をA<sub>0</sub>に

★号L<sub>s1</sub>、L<sub>s2</sub>を受光素子43で受光しローパスフィルタ52を通したとき、その電気出力は次式となる。

【0016】また、A<sub>0</sub>に応じた分岐された制御用光信★

$$S2 = G2 (A_1^2/2 + A_2^2/2 + 2A_1A_2 \cos(\phi)) \quad \dots \dots (11)$$

オフセット電圧をかけることにより、変動成分2A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>cos(φ)のみを第1位相シフタ13にフィードバックし、S2が最大値をとるように第1位相シフタ13への注入電流を制御し、マッハ・ツェンダ干渉計14に入力する光の位相を一致させる。このようにして、伝送後の光信号の偏波を制御することができる。

【0017】以上説明した様に、本実施例の偏波制御器1によれば、基板型光導波路2を用いたものであって、第1偏波ビームスプリッタ11と、第1TE-TM変換器12と、第1位相シフタ(PS1)13と、マッハ・ツェンダ干渉計14と、光分岐回路15、16と、第2TE-TM変換器17と、第2偏波ビームスプリッタ18と、偏波制御回路19とから構成することとしたので、基板型光導波路2を用いて構成することができ、偏波を電氣的に制御することにより任意の偏波状態で入射した信号光を所要の偏波面を有する直線偏波に効果的に変換することができる。

【0018】これにより、基板型光導波路を用いて構成することができ、かつ、偏波を電氣的に制御することができる偏波制御器を提供することにより、光波通信において伝送後の光信号の偏波を効果的に制御することが可能になる。

【0019】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明の偏波制御器によれば、基板型光導波路を用いてなる偏波制御器であって、入射する光信号を互いに直交する2つの偏波成分に分離する第1の偏波ビームスプリッタと、該第1の偏波ビームスプリッタにより分離された2つの偏波成分のうち、いずれか一方の偏波面を回転させていずれか他方の偏波面と一致させる第1のTE-TM変換器と、該第1のTE-TM変換器から出射される偏波成分の位相をシフトさせる第1の位相シフタと、前記偏波ビームスプリッタ及び該第1の位相シフタ各々から出射される偏波

20

30

40

50

成分を合波し、任意の比率の2つの出力光に分岐するマッハ・ツェンダ干渉計と、該マッハ・ツェンダ干渉計から出射される2つの出力光を、それぞれ出力光信号と制御用光信号に分岐する2つの光分岐回路と、これらの出力光信号のうち、いずれか一方の偏波面を回転させていずれか他方の偏波面と直交させる第2のTE-TM変換器と、互いに直交する偏波面を有するこれらの出力光信号を合波する第2の偏波ビームスプリッタと、前記2つの光分岐回路によりそれぞれ分離された2つの制御用光信号をそれぞれ2つに分岐し、これら分岐されたそれぞれの制御用光信号のいずれか一方を差動合成し前記マッハ・ツェンダ干渉計の分岐比を制御し、一方、前記それぞれの制御用光信号のいずれか他方を電気信号に変換しこれらの電気信号の変動分を検出し前記第1の位相シフタにフィードバックする偏波制御回路と、を具備してなることとしたので、基板型光導波路を用いて構成することができ、偏波を電氣的に制御することにより任意の偏波状態で入射した信号光を所要の偏波面を有する直線偏波に効果的に変換することができる。

【0020】これにより、基板型光導波路を用いて構成することができ、かつ、偏波を電氣的に制御することができる偏波制御器を提供することにより、光波通信において伝送後の光信号の偏波を効果的に制御することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の偏波制御器を示す構成図である。

【図2】本発明の一実施例の偏波制御器の偏波制御回路を示す構成図である。

【符号の説明】

- 1 偏波制御器
- 2 基板型光導波路
- 11 第1偏波ビームスプリッタ

(5)

特開平5-323243

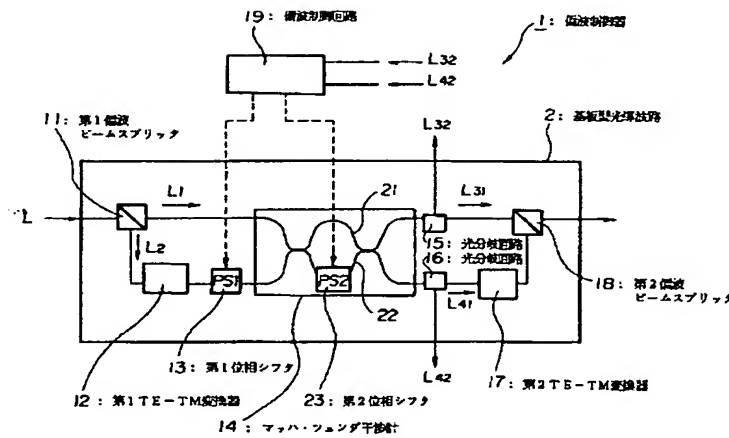
7

8

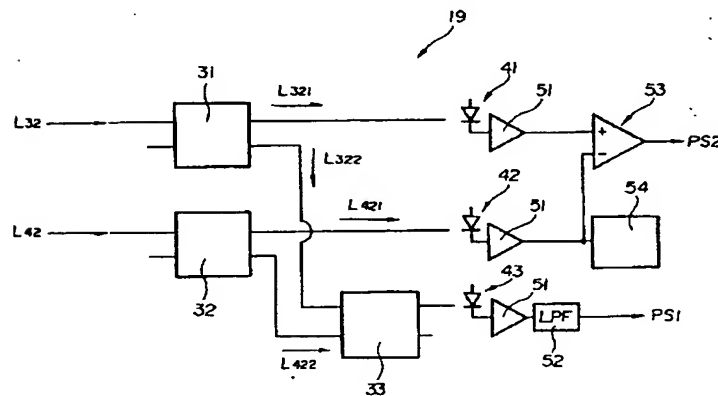
- 12 第1TE-TM変換器
- 13 第1位相シフタ (PS1)
- 14 マッハ・ツェンダ干渉計
- 15, 16 光分岐回路
- 17 第2TE-TM変換器
- 18 第2偏波ビームスプリッタ
- 19 偏波制御回路
- 21, 22 光導波路
- 23 第2位相シフタ (PS2)
- 31~33 光カップラ
- 41~43 受光素子

- 51 増幅器
- 52 ローパスフィルタ (LPF)
- 53 差動アンプ
- 54 オフセット回路
- L 入射する光信号
- L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> 偏波成分
- L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> 出力光
- L<sub>31</sub>, L<sub>41</sub> 出力光信号
- L<sub>32</sub>, L<sub>42</sub> 制御用光信号
- 10 L<sub>321</sub>, L<sub>322</sub> 制御用光信号
- L<sub>421</sub>, L<sub>422</sub> 制御用光信号

【図1】



【図2】



(6)

特開平5-323243

フロントページの続き

(72)発明者 井上 靖之

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内